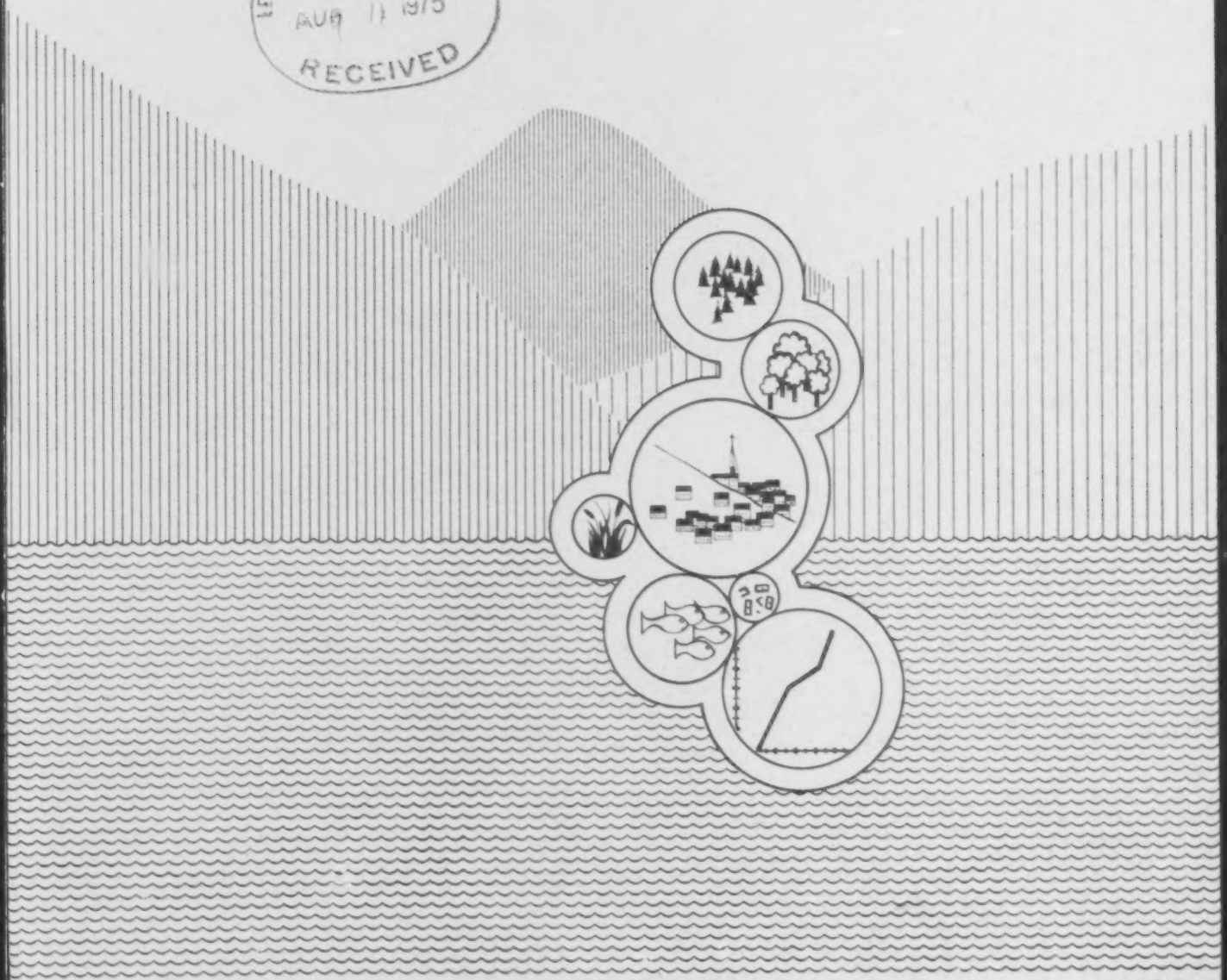
GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC
MINISTÈRE
DES RICHESSES
NATURELLES
DIRECTION GÉNÉRALE
DES EAUX

Sous Q.E-3

ÉTUDE LIMNOLOGIQUE
LAC DE L'ACHIGAN
COMTÉ DE TERREBONNE

LEGISLATIVE LIBRARY OF ONTARIO
TORONTO
AUG 11 1975
RECEIVED



QUÉBEC 1974 service qualité des eaux Q.E-3

ÉTUDE LIMNOLOGIQUE

(P.I.E. - 1972)

LAC DE L'ACHIGAN

(Comté de Terrebonne)

COORDONNATEURS:

MICHEL P. LAMONTAGNE biol., D.E.A.

Directeur Int.

Service Qualité des Eaux

JEAN-PIERRE GAUTHIER biol.

Chef, division Limnologie

CHARGÉS D'ÉTUDES SECTORIELLES

BIOGÉOGRAPHIE	:	Jacques Alain, géographe
BIOLOGIE		
- MACROPHYTES	:	Ginette Gour, biologiste
- INVERTÉBRÉS		
- ALGOLOGIE	:	Philippe Gentes, biologiste
PHYSICO-CHIMIE		
- ANALYSE	:	José Lopez, chimiste
- INTERPRÉTATION	:	Robert Gagné, chimiste
RELEVÉS	:	Rémy Levesque, T.D.
	:	Pierre Lemoyne, T.D.
	:	Denis Robichaud, tech.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
INTRODUCTION		1
PREMIÈRE PARTIE -	CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU LAC DE L'ACHIGAN ET RECOMMANDATIONS	3
Chapitre 1	CARACTÉRISTIQUES LIMNOLOGIQUES	5
	1.1 MORPHOMÉTRIE	6
	1.2 PRODUCTION PRIMAIRE	6
	1.3 PRODUCTION SECONDAIRE	7
	1.4 ÉTAT CHIMIQUE ET PHYSIQUE	8
Chapitre 2	LE MILIEU ENVIRONNANT LE LAC DE L'ACHIGAN	11
Chapitre 3	UTILISATIONS ACTUELLES ET POTENTIEL D'UTILISATION	13
Chapitre 4	RECOMMANDATIONS	17

DEUXIÈME PARTIE - ANALYSE DES ÉTUDES SECTORIELLES

		Page
		21
Chapitre 1	ANALYSE BIOGÉOGRAPHIQUE	23
	1.1 PRÉSENTATION MORPHOMÉTRIQUE	24
	1.2 PRÉSENTATION DU MILIEU PHYSIQUE 1.2.1 Géologie de la roche en place 1.2.2 Géologie des dépôts meubles 1.2.3 Pédologie 1.2.4 Végétation 1.2.5 Climatologie 1.2.6 Hydrologie 1.2.7 Classification du rivage	24
	1.3 PRÉSENTATION DU MILIEU HUMAIN 1.3.1 Utilisation du sol 1.3.2 Analyse démographique 1.3.3 Analyse économique 1.3.4 Utilisation des bateaux à moteur	31
Chapitre 2	ANALYSE BIOLOGIQUE	37
	2.1 ALGOLOGIE	40
	2.2 MACROFAUNE BENTHIQUE	41
	2.3 PLANTES AQUATIQUES	44

Page

Chapitre 3 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE 47

3.1 STRATIFICATION

3.1.1 Température
3.1.2 Oxygène dissous 48

3.2 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

3.2.1 pH
3.2.2 Alcalinité
3.2.3 Conductivité
3.2.4 Demande biochimique en oxygène
3.2.5 Fertilisants (NO_3, PO_4) 49

3.3 ÉTAT PHYSICO-CHIMIQUE DES TRIBUTAIRES 51

CONCLUSION ET REMERCIEMENTS 53

LEXIQUE 55

BIBLIOGRAPHIE 59

LISTE DES TABLEAUX

Page

1 - UTILISATIONS ACTUELLES ET POTENTIEL D'UTILISATION 15

2 - COMPARAISON DES TEMPÉRATURES (^{o}F) MAXIMALES ET MINIMALES A SAINT-HIPPOLYTE ET AU LAC DE L'ACHIGAN 28

3 - COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS (po.) À SAINT-HIPPOLYTE ET AU LAC DE L'ACHIGAN 29

4 - SUPERFICIE ET POURCENTAGE DES DIVERSES UTILISATIONS DU SOL 32

5 - ANALYSE DÉMOGRAPHIQUE DU LAC DE L'ACHIGAN 34

LISTE DES FIGURES

1 - COURBE THÉORIQUE DE L'EUTROPHISATION D'UN LAC 10

2 - MATRICE DU LAC DE L'ACHIGAN 39

INTRODUCTION

Dans le cadre de son Programme d'Inventaire Ecologique des principaux lacs du Québec (P.I.E.), le service Qualité des Eaux du ministère des Richesses naturelles a étudié le lac de l'Achigan, situé dans le comté de Terrebonne, au cours de l'année 1972.

Cette étude avait pour but de diagnostiquer l'état actuel du lac et de suggérer aux utilisateurs certaines mesures préventives pour son amélioration et sa protection. L'analyse des résultats de cette étude est présentée ici sous forme de rapport écrit et d'une carte écologique.

La Direction générale des Eaux accorde une très grande importance à la sensibilisation de la population en ce qui concerne les travaux qu'elle effectue. Dans cet ordre d'idées et tout particulièrement pour les études limnologiques, les spécialistes prévoient deux rencontres avec les principaux intéressés; l'une précédant l'étude de façon à connaître les problèmes existants et l'autre faisant suite à l'étude afin de présenter et discuter les résultats obtenus. C'est à cette dernière occasion que les solutions seront apportées.

Le Service Qualité des Eaux ne peut remplir sa tâche adéquatement sans une participation et une collaboration étroite des utilisateurs de la ressource eau. A la suite de la publication de ce rapport, les responsables des études limnologiques souhaitent recevoir tous les commentaires ou suggestions susceptibles d'améliorer la qualité de ses études. Ces commentaires ou suggestions peuvent être adressées à:

Michel P. Lamontagne
Directeur int.
Service Qualité des Eaux,
Ministère des Richesses naturelles,
555, boul. Henri IV,
Ste-Foy,
Québec.

PREMIÈRE PARTIE

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU LAC DE L'ACHIGAN ET RECOMMANDATIONS

CHAPITRE 1

CARACTÉRISTIQUES LIMNOLOGIQUES

Le lac de l'Achigan est situé dans les limites de la municipalité de Saint-Hippolyte, dans le comté de Terrebonne. C'est un lac du type "oligotrophe β". Sa formation est due à l'action des glaciers et date d'environ onze mille ans.

Un lac est dit oligotrophe lorsque ses eaux sont pauvres en constituants nutritifs et qu'il est biologiquement peu productif. Les lacs du Bouclier canadien sont en général des lacs de ce type.

Certaines caractéristiques spécifiques nous ont permis de classifier le lac de l'Achigan dans le groupe des lacs "oligotrophe β"; En voici quelques unes:

1.1 MORPHOMÉTRIE

Le territoire sur lequel se trouve le lac de l'Achigan est morcelé et n'a pas encore atteint son équilibre morphologique et hydrologique. Pour sa part, le lac présente un rivage très découpé en certains endroits. Son rapport périmètre/surface est élevé (5.95) et il a une capacité d'emmagasinement importante. Ces caractéristiques morphométriques nous permettent de classer ce lac dans le groupe oligotrophe (Rawson, D.S., 1955).

1.2 PRODUCTION PRIMAIRE

Les algues. Au lac de l'Achigan, la production primaire est limitée et elle n'offre qu'une faible récolte annuelle. Les composantes du phytoplancton sont caractérisées par la classe des Bacillariophycées qu'on retrouve généralement dans les eaux froides et pauvres en éléments nutritifs (Hutchinson, 1967); on ne note aucun foyer de production massive d'algues. Ces caractéristiques situent le lac au niveau trophique suivant:

oligotrophe α β mésotrophe α β eutrophe

ACHIGAN

Les macrophytes. On remarque une grande diversité d'espèces avec une faible dominance du genre *Potamogeton*. La distribution des macrophytes n'est pas uniforme et compte plusieurs genres, ce qui caractérise les milieux jeunes et peu productifs. On situe ce genre de production dans les lacs du type "oligotrophe β".

oligotrophe α β mésotrophe α β eutrophe

ACHIGAN

1.3 PRODUCTION SECONDAIRE

Les macro-invertébrés benthiques ont une distribution typique des milieux peu productifs. Dans les strates peu profondes on rencontre une grande variété de familles comptant peu d'individus, tandis que dans les strates profondes, il existe peu de familles avec beaucoup d'individus par famille. A partir de ces constatations on peut dire que le lac a atteint le stade trophique "oligotrophe β".

oligotrophe α β mésotrophe α β eutrophe

ACHIGAN

1.4 ÉTAT CHIMIQUE ET PHYSIQUE

Le lac de l'Achigan est un lac dimictique comprenant deux périodes de circulation dont une au printemps et l'autre à l'automne. En été, une stratification thermique directe s'installe dans la masse d'eau. Dans les lacs de ce type, il se produit une consommation en oxygène plus ou moins importante entre les périodes de circulation suivant le degré d'eutrophisation de la masse d'eau. Le lac de l'Achigan est une masse d'eau bien oxygénée durant l'été et on ne constate qu'un faible déficit en oxygène dans la couche profonde. En tenant compte de ces données on le classifie au niveau trophique suivant:

oligotrophe α β mésotrophe α β eutrophe

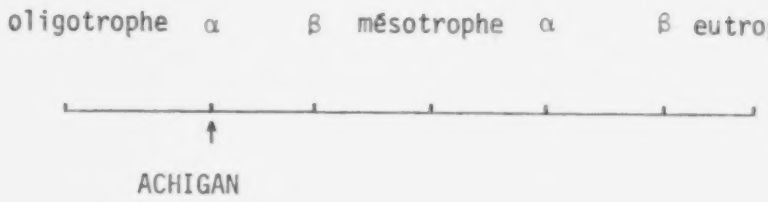
ACHIGAN

Malgré le peu de données recueillies sur le taux des fertilisants, on constate des valeurs peu importantes pour l'ensemble du lac. Le taux des nitrates (NO_3) était élevé au mois de mai, puis il a diminué au cours de l'été. Ce phénomène est courant dans les lacs dimictiques. La cote d'appréciation des fertilisants demeurait très relative à cause d'une fréquence d'échantillonnage réduite.

oligotrophe α β mésotrophe α β eutrophe

ACHIGAN

L'eau du lac de l'Achigan a un faible pouvoir tampon et est légèrement acide. La valeur de la conductivité est faible et caractérise les eaux oligotrophes et pauvres.



Finalement, l'ensemble de ces caractéristiques nous permet de situer le niveau trophique du lac de l'Achigan au stade de l'oligotrophie. Le passage de cet état à l'état eutrophique peut s'échelonner sur une période de temps très longue si le lac ne subit pas de trop fortes pressions de la part de son milieu environnant. L'apport de fertilisants, en majeure partie lié à l'activité humaine, peut modifier de façon très accélérée un tel milieu. Les courbes du graphique de la page 10 nous permettent de visualiser les effets de l'apport de fertilisants dans un milieu lacustre. On peut se rendre compte que l'extinction se fait beaucoup plus rapidement que par voie naturelle.

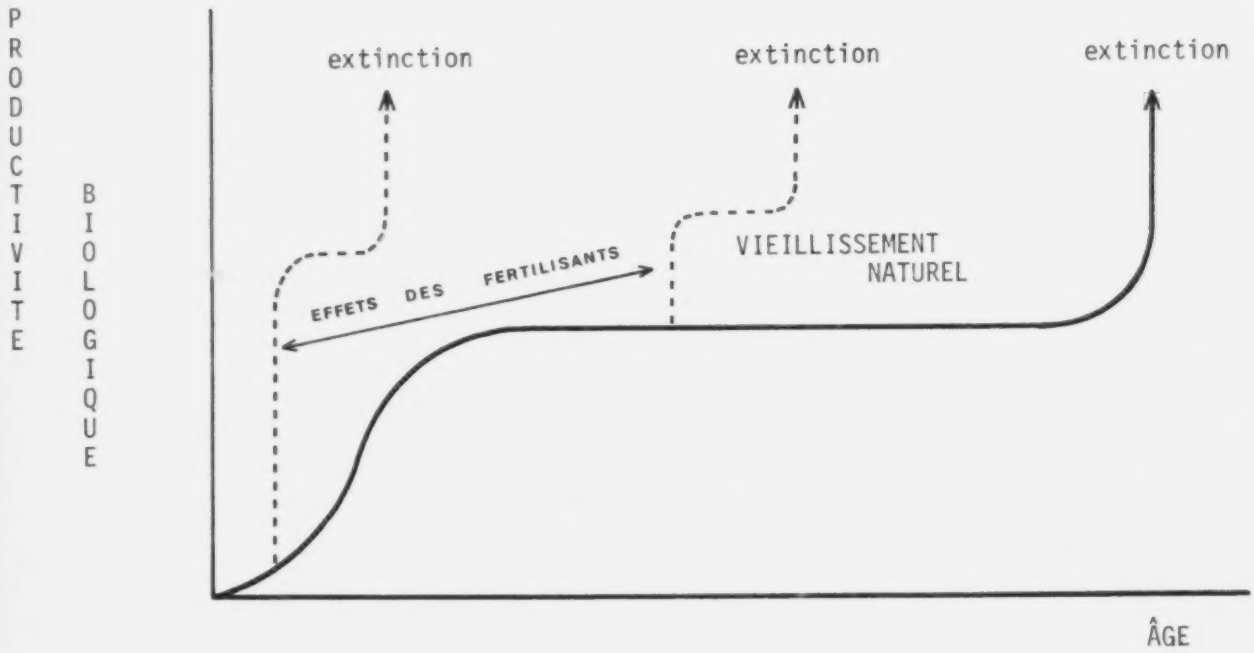


FIGURE 1 - COURBE THÉORIQUE DE L'EUTROPHISATION D'UN LAC

(Tiré de Hasler 1947)

CHAPITRE 2

LE MILIEU ENVIRONNANT LE LAC DE L'ACHIGAN

Le bassin versant du lac de l'Achigan s'étend sur une superficie de 37.6 milles carrés. Le territoire morcelé entraîne une densité de drainage élevée. Le sol de ce territoire est constitué d'un podzol acide généralement impropre à l'agriculture. Ce sol a un pouvoir de rétention très faible et se lessive rapidement.

Le principal tributaire, soit la rivière Pashbay, draine plus de 80 pour cent du bassin versant du lac. Sa forte dénivellation occasionne un transport important de sédiments lesquels contribuent à la fertilisation du lac. Les 11 autres tributaires qui se déversent dans le lac ont une importance secondaire en ce qui concerne le drainage du sol environnant.

La forêt couvre 90 pour cent du bassin versant et la formation végétale dominante est composée d'arbres à feuilles caduques; on retrouve cependant une formation végétale mixte à quelques endroits. Le côté nord du lac présente un rivage peu escarpé et on y retrouve plusieurs plages sablonneuses; la pente est toutefois beaucoup plus accentuée du côté sud.

L'activité humaine est concentrée sur les rives mêmes du lac. En effet, seulement neuf pour cent de la surface totale du bassin sont utilisés par l'homme, et de ce nombre plus de sept pour cent sont affectés à des fins récréatives (chalets, camps de vacances et autres); les deux autres pour cent constituent l'agglomération urbaine de Saint-Hippolyte située à l'extrémité ouest du lac.

L'infrastructure des rives du lac est en fonction de ses capacités d'accueil et d'hébergement des villégiateurs. Soulignons en passant que les villégiateurs doublent la population au cours de la saison estivale.

CHAPITRE 3

UTILISATIONS ACTUELLES
ET
POTENTIEL D'UTILISATION

Le lac de l'Achigan est situé à 15 milles de Saint-Jérôme, au nord de Montréal. Par l'autoroute des Laurentides, son accès est rapide et facile, surtout si l'on prend en considération les besoins de plus en plus grandissants des citoyens des grandes métropoles de se retirer dans des endroits paisibles et naturels.

Autour du lac, on compte 600 chalets et 100 résidences permanentes dont l'évaluation atteint présentement 20.5 millions de dollars. Saint-Hippolyte étant une municipalité à vocation touristique, on estime qu'il s'y dépense environ trois millions de dollars par année et ce uniquement à des fins de loisirs. En considérant ces chiffres, on constate que la simple utilisation du lac de l'Achigan représente un potentiel économique très important pour la municipalité.

La valeur de cet investissement est intimement liée à la valeur esthétique du lac de l'Achigan et de son environnement. Présentement, le lac de l'Achigan est à un stade d'évolution où sa valeur esthétique et ses diverses utilisations ne sont pas compromises.

Le tableau de la page suivante démontre l'intensité des diverses utilisations du lac ainsi que le potentiel de chacune d'elles.

On peut constater que 5 utilisations sur 17 sont équivalentes au potentiel que peut offrir le lac, tandis que 8 de celles-ci pourraient être développées dont notamment la voile, l'hydravion, les croisières, la pêche sportive, le camping, les points d'observation, l'eau potable et l'eau industrielle. On note enfin que certaines utilisations dépassent le potentiel; c'est le cas pour l'usage des embarcations à moteur, l'accessibilité aux plages et le développement de chalets. Ces utilisations doivent être planifiées de façon rationnelle pour éviter que le site ne perde de son attrait.

TABLEAU 1 - UTILISATIONS ACTUELLES ET POTENTIEL D'UTILISATION

	A	B	C	D
FLUCTUATION (niveau de l'eau)				# *
BAIGNADE		# *		
CANOT AUTOMOBILE	#	*		
BATEAU A VOILE	*	#		
SKI AQUATIQUE	#	*		
PLONGÉE S.M.				# *
HYDRAVION	*	#		
CROISIÈRE		*		#
PÊCHE SPORTIVE		*	#	
PLAGES	#	*		
CAMPING		*		#
CHALETS AUBERGES	#	*		
PTS. OBSERVATION		*		#
EAU POTABLE		*		#
EAU INDUSTRIELLE	*			#
ÉPURATION DU SOL			# *	
CANOTAGE				# *

Utilisations actuelles : #

A - Fortes
B - Moyennes
C - Faibles
D - Nulles

Potentiel d'utilisation : *

A - Excellent
B - Bon
C - Passable
D - Médiocre

CHAPITRE 4

RECOMMANDATIONS

La protection et la conservation du lac de l'Achigan incombent premièrement aux utilisateurs de ce lac, ce qui implique que chaque résident doit prendre conscience qu'il est peut-être lui-même un agent de pollution important et que son irresponsabilité peut porter préjudice à un bien collectif.

L'action individuelle n'étant pas suffisante dans un plan de conservation, il faut aussi envisager une action concertée. Il est essentiel que les résidents se regroupent en association, qu'ils prennent contact avec les municipalités concernées et qu'en collaboration avec le Service Qualité des Eaux du ministère des Richesses naturelles, ils élaborent un plan de conservation.

Les recommandations qui suivent ont pour objectifs de situer les problèmes et de suggérer certaines solutions. Cependant, la réalisation des solutions proposées ne pourra être possible sans une collaboration étroite entre les groupes mentionnés précédemment.

En premier lieu, soulignons que le lac de l'Achigan possède un équilibre écologique relativement stable et que le milieu biophysique environnant n'exerce pas de pressions trop fortes sur le milieu aquatique.

Seule l'activité humaine sur les rives du lac perturbe quelque peu les conditions originales. En effet, l'utilisation du lac de l'Achigan depuis le début du siècle à des fins récréatives, implique que les constructions sont souvent âgées et que le rendement de leurs systèmes d'élimination des eaux usées peut sembler douteux. Ne possédant aucune donnée à cet effet nous ne pouvons estimer l'impact que ce type d'activité peut avoir sur le lac. Cependant nous insistons sur le fait que chaque installation devrait être vérifiée selon les normes établies par le Service de Protection de l'Environnement du Québec, et que les corrections aux installations jugées inadéquates soient faites dans une première phase d'un programme de protection du lac de l'Achigan.

La section ouest du lac, située près du village de Saint-Hippolyte, semble plus sensible à l'eutrophisation. On constate en effet une réserve en matière organique accumulée au fond beaucoup plus importante qu'en d'autres points du lac. L'oxygène dissous, essentiel à toute vie aquatique, présente un déficit plus important dans la couche profonde au cours de l'été. La densité des plantes aquatiques est plus forte dans cette section à cause de la faible profondeur de cette partie du lac. Les conditions étant présentement favorables, on prévoit une intensification de leur développement.

Il faut donc éviter toute fertilisation du milieu dans cette partie du lac. A cet effet, soulignons que le déboisement pour la construction de chalets sur la rive nord-ouest a comme conséquences d'augmenter le ruissellement de surface et de perturber la qualité de l'eau à cet endroit. Il faut corriger cette lacune par le reboisement et par l'ensemencement de pelouse. Nous suggérons que la municipalité établisse un règlement en ce sens et qu'un plan d'aménagement plus rationel soit développé.

La rivière Pashbay est un des points stratégiques qu'il faut surveiller car elle draine plus de 80 pour cent de tout le bassin et peut devenir une source considérable de substances fertilisantes, d'autant plus que la qualité actuelle de son eau est considérée comme passable. Tout le long de ce cours d'eau, à partir de son embouchure, on note un développement important de chalets pouvant contaminer directement ou indirectement la rivière et, par le fait même, le lac.

Un programme de contrôle de la qualité de l'eau de la rivière Pashbay serait opportun durant les mois de l'été et pourrait se faire avec l'aide du Service Qualité des Eaux.

On a aussi noté que les tributaires 7, 8 et 9 (c.f. carte C.Q.E-3) constituent une source importante de fertilisants. Cette pollution est sûrement d'origine domestique puisqu'on note parallèlement une contamination bactériologique marquée, tout spécialement dans le tributaire numéro 8.

Le lac de l'Achigan est surtout balayé par des vents de direction sud-ouest ayant la même orientation que la longueur du lac. Cette caractéristique favorise grandement le sport de la voile qui devrait être beaucoup plus développé. L'usage des embarcations à moteur est intense présentement et contribue à augmenter les pressions sur le système écologique par les rejets d'huile et de graisse dans l'eau. Ce sport nautique ne doit pas nécessairement être banni, mais doit être réglémenté par la municipalité.

On constate aussi que certains résidents font l'élevage des canards domestiques. Ces oiseaux sont agréables à regarder mais fournissent une source de fertilisation non négligeable du fait qu'ils sont sédentaires. On estime qu'ils consomment une grande quantité de nourriture par jour et qu'ils n'en utilisent qu'une faible partie, rejetant le surplus sous forme de déchets organiques facilement réutilisables par les organismes aquatiques. Ce type d'élevage ne devrait pas être permis.

Le lac de l'Achigan est un des plus beaux sites de villégiature situé à proximité de Montréal. Sa conservation et sa protection doivent être une priorité pour les résidents de Saint-Hippolyte ainsi que pour les utilisateurs. Seule une action collective pourra être efficace dans l'application de tels plans.

La direction générale des Eaux du ministère des Richesses naturelles encourage la population à se regrouper en association, laquelle devra, en collaboration avec la municipalité de Saint-Hippolyte, établir les règlements nécessaires à la sauvegarde de leur lac.

Enfin, le service Qualité des Eaux de la direction générale des Eaux, dispose de plusieurs spécialistes qui se feront un devoir de conseiller l'association du lac de l'Achigan en leur fournissant les données nécessaires à l'élaboration d'un plan de protection et de conservation de leur lac.

DEUXIÈME PARTIE

ANALYSE DES ÉTUDES SECTORIELLES

Alors que, dans la première partie nous avons traité des caractéristiques générales du lac de l'Achigan et de son milieu environnant, nous nous efforcerons, dans la seconde partie, d'étudier plus rigoureusement les paramètres biogéographiques, biologiques et physico-chimiques. Cette étude nous a permis de classifier le lac de l'Achigan comme étant du type "oligotrophe β"

L'analyse de ces paramètres bio-physico-chimiques permettra aux aménagistes et aux utilisateurs des milieux lacustres de mieux comprendre l'interprétation de nos résultats et d'élaborer, s'il y a lieu, des plans de gestion adéquats.

Dans le texte de cette deuxième partie, toute référence à une carte, à un tableau ou à une figure de la carte écologique annexée à ce rapport sera notée comme suit: (C.Q.E-3 Car.), (C.Q.E-3 Fig.) ou (C.Q.E-3 Tab.)

CHAPITRE 1

ANALYSE BIOGÉOGRAPHIQUE

1.1 PRÉSENTATION MORPHOMÉTRIQUE (C.Q.E-3-Tab. 1)

Le lac de l'Achigan est situé entièrement dans les limites de la municipalité de Saint-Hippolyte, dans le comté de Terrebonne, à environ 40 milles au nord de Montréal. Sa superficie est de 2.03 milles carrés et son bassin versant s'étend sur 37.6 milles carrés (Service des Relevés du ministère des Richesses naturelles).

La forme hachurée et dendritique du rivage donne un long périmètre de 12.1 milles. Le rapport périmètre/surface est de 5.95, ce qui signifie qu'à une superficie d'un mille carré d'eau correspond un rivage de 5.95 milles de longueur.

Sa longueur et sa largeur maximales sont respectivement de 3.6 et 1.4 milles. Le lac de l'Achigan contient approximativement 2,332.5 millions de pieds cubes d'eau (Service des Relevés du ministère des Richesses naturelles). Ce volume est assez considérable pour un lac dont la profondeur moyenne n'est que de 40.5 pieds.

Son bassin versant possède 12 tributaires dont la longueur totale est de 33.5 milles et 45 lacs plus ou moins importants. Ces derniers permettent la régularisation des rivières et servent à l'emmagasinement.

On a enregistré une dénivellation de 770 pieds entre le sommet le plus élevé du bassin et l'altitude du lac.

En bref, il s'agit d'une région montagneuse et accidentée.

1.2 PRÉSENTATION DU MILIEU PHYSIQUE

Au point de vue géologique, le socle rocheux sur lequel repose la région du lac de l'Achigan a été formé à l'ère précambrienne. On y trouve deux formations importantes de la série de Morin (Osborne, 1960).

1.2.1 Géologie de la roche en place (C.Q.E-3-Car. 2)

La première est la formation de syenite quartzifère et de monzonite quartzifère. La couleur de cette roche varie du gris verdâtre clair au gris verdâtre olive sombre; en surface altérée, sa couleur est beige.

La seconde est une formation d'anorthosite gabroïque. Ce type de roche est à grain grossier et les nuances de couleur varient du violet au vert pâle ou blanc.

1.2.2 Géologie des dépôts meubles (C.Q.E-3-Car. 3)

Les divers dépôts meubles du bassin de drainage du lac de l'Achigan peuvent être partagés en trois groupes selon leur origine: les tills, les dépôts fluvio-glaciaires et les dépôts organiques. A cause de l'importance de la nature des matériaux originels sur la formation du sol ou même de son utilisation, il convient de décrire les caractéristiques individuelles de chacun de ces dépôts superficiels.

A) Tills glaciaires

Les tills sont les plus anciens dépôts meubles laissés par les glaciers continentaux de la période quaternaire; ils reposent directement sur le roc d'une façon hétéroclite. Ils sont constitués de gravier grossier, de blocs erratiques ("boulders"), de sable et de limon, le tout déposé sans aucune symétrie. Les tills les plus répandus, qui couvrent presque 90 pour cent du bassin de drainage du lac de l'Achigan, sont dérivés de gneiss, de granite, de quartzite et d'anorthosite; leur épaisseur moyenne est de 12 pieds (Lajoie, 1960).

B) Dépôts fluvio-glaciaires

Les dépôts fluvio-glaciaires ont été laissés par les cours d'eau provenant de la fonte des glaciers. Ils se composent de matériaux fins: sable, gravier et cailloux arrondis issus des diverses roches précambriennes. On en retrouve un peu à la pointe extrême ouest du lac de l'Achigan et ces dépôts sont constitués de matériaux bien assortis se présentant sous forme de kame. On en retrouve aussi dans la section nord-ouest du lac; toutefois, il s'agit là d'un immense dépôt sableux fin très bien stratifié.

C) Dépôts organiques

Dans cette région, les dépôts organiques se rencontrent dans les dépressions de terrain entourant les lacs ou autrefois occupées par ceux-ci. Ces dépôts organiques ne dépendent pas de l'action des glaciers contrairement aux tills et aux dépôts fluvio-glaciaires, mais plutôt de la décomposition de joncs, de laîches et de conifères. Certains de ces dépôts se sont formés à partir de mousses et de sphaignes (Lajoie, 1960).

1.2.3 Pédologie (C.Q.E-3-Car.3)

Les différents dépôts meubles ont subi l'action des agents de formation du sol tels le climat et le relief et ils ont acquis divers profils distinctifs. Selon l'apparence et la nature de leur profil, les sols environnant le lac de l'Achigan peuvent être classés en deux groupes: les podzols (P) et les sols organiques (O) (Lajoie, 1960).

A) Les podzols (P)

Ce sont, dans l'ensemble, des sols acides et bien drainés. Ils se sont formés à partir de roches-mères acides ne contenant pas de carbonate libre de calcium et de magnésium. Ce grand groupe de sols comprend cinq types que nous pouvons identifier comme suit:

a) Sol Sainte-Agathe (P)

Il s'agit d'un podzol bien drainé formé sur une roche-mère de till glaciaire. C'est un sol acide impropre à l'agriculture et il occupe environ 85 pour cent du bassin. Sa végétation naturelle est surtout composée d'érables à sucre, de bouleaux jaunes, de bouleaux blancs, de hêtres ainsi que d'une faible quantité de sapins et d'épinettes blanches.

b) Sol Saint-Colomban (P)

Ce type de sol, rencontré dans la partie nord du bassin de drainage, s'est également formé sur une roche-mère de till glaciaire. Le drainage externe est modéré mais l'eau de pluie s'infiltre rapidement à travers le till pierreux lorsqu'il est complètement déboisé. Il est impropre à l'agriculture et doit être continuellement boisé. L'érable à sucre est l'essence forestière qui se développe le mieux sur ces sols.

c) Sol Lakefield (P)

Il s'agit d'un autre sol formé sur le till glaciaire et on le rencontre dans la partie nord-est du bassin. Ce sol a une faible épaisseur de matériaux meubles, ce qui entraîne des variations de vitesse d'écoulement des eaux. Il est impropre

à l'agriculture et sert de support à l'érable à sucre, à l'érable rouge et à quelques épinettes, thuyas (cèdres) et bouleaux blancs.

d) Sol Saint-Faustin (P)

Ce sol a été formé sur une roche-mère de type fluvio-glaciaire. Il est présent dans la section ouest du lac sur un terrain à relief ondulé ou en forme de kame où les matériaux sont mal triés et caillouteux. Ce sol souffre d'un drainage excessif dû à la grande porosité des matériaux originels qui permettent l'infiltration très rapide des eaux vers les profondeurs de la terre. La végétation naturelle comprend l'érable à sucre, le tremble, le bouleau blanc ainsi qu'une assez grande proportion de conifères comprenant surtout des pins blancs et des sapins baumiers.

e) Sol Morin (P)

Il s'est formé sur d'épais dépôts fluvio-glaciaires composés de sables moyens et grossiers. On le retrouve dans la partie nord du bassin du lac de l'Achigan. Il est légèrement ondulé et excessivement drainé. Il ne se pratique aucune culture sur ce sol; d'ailleurs, la culture sur un tel sol ne serait pas rentable car il devrait être chaulé et fertilisé. A l'état naturel, il supporte une végétation arborescente composée de pin blanc, de pin rouge, d'épinette blanche, de sapin baumier, de pruche et de bouleau jaune.

B) Les sols organiques (O)

Dans la région étudiée, le sol organique que nous avons rencontré au nord est du type tourbe mal décomposée.

a) Sol tourbe (O)

Ce sol est constitué de débris de plantes très peu décomposées qui ont encore leur aspect fibreux. Il forme des terrains marécageux où les arbres les plus nombreux sont les mélèzes.

1.2.4 Végétation (C.Q.E-3-Car. 4)

La forêt est la formation végétale dominante de cette région. On retrouve surtout des arbres à feuilles caduques mais la végétation est mixte à quelques endroits. On remarque que cette zone contient de nombreuses espèces d'érables mais que des conifères poussent dans les endroits marécageux (mélèzes) et sur les parois rocheuses à proximité du lac (pins) (Carte d'Inventaire forestier du ministère des Terres et forêts).

1.2.5 Climatologie (C.Q.E. 3 Fig.1, 2 et 3)

Le climat est un facteur important dans l'évolution des paramètres biophysico-chimiques du lac. Afin d'avoir une idée du climat de la région, le service de Météorologie du ministère des Richesses naturelles a bien voulu mettre à notre disposition toutes les données recueillies à la station de Saint-Hippolyte, située àenviron deux milles et demi du lac de l'Achigan. Cette station existe depuis la fin de 1963.

Lors de l'étude détaillée du lac, une autre station de météorologie a été installée à environ dix pieds du rivage par des spécialistes du service de Météorologie du ministère des Richesses naturelles. Elle comprenait un thermomètre à maximum, un thermomètre à minimum, un pluviomètre, un barographe et une girouette, tous installés suivant les normes reconnues.

Pour les trois mois de l'été 1972, on a pu remarquer une différence entre les valeurs de la station permanente de Saint-Hippolyte et celles de la station provisoire près du lac de l'Achigan.

TABLEAU 2 - COMPARAISON DES TEMPÉRATURES (oF.) MAXIMALES ET MINIMALES

		juin	juil.	août
Saint-Hippolyte	maximum	69.4	75.2	69.8
	minimum	52.6	55.8	52.9
Lac de l'Achigan	maximum	68.6	72.8	67.2
	minimum	56.0	59.1	55.5

Dans le tableau de la page précédente on remarque que la température moyenne maximale est plus élevée à la station de Saint-Hippolyte qu'à la station provisoire du lac de l'Achigan; par contre, la température moyenne minimale est plus basse.

On peut en partie expliquer ce phénomène par la différence d'altitudes; en effet, la station de Saint-Hippolyte est située à 1,200 pieds d'altitude tandis que celle du lac est à 680 pieds; de plus, le fait que la station provisoire soit située à seulement 10 pieds du rivage nous a permis de constater l'existence d'un microclimat tempéré par le lac. On a en effet enregistré des températures plus fraîches le jour et moins froides la nuit.

Durant ce même été, les précipitations ont été très abondantes. A la station de Saint-Hippolyte, les précipitations totales pour les mois de juin, juillet et août ont été plus du double de celles enregistrées pour les mêmes mois au cours des huit dernières années. Il s'agissait donc de conditions météorologiques exceptionnelles. A la station du lac de l'Achigan, il semble que les précipitations enregistrées aient été plus faibles qu'à Saint-Hippolyte; on peut d'ailleurs constater le fait sur le tableau qui suit:

TABLEAU 3 - COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS (po.) À SAINT-HIPPOLYTE ET AU LAC DE L'ACHIGAN.

		JUIN	JUILLET	AOÛT
Saint-Hippolyte	Moyenne de 8 ans	3.00	3.10	3.70
	Eté 1972	6.78	7.02	7.68
Lac de l'Achigan	Eté 1972	7.31	5.70	4.90

Cette différence dans les données des deux stations peut en partie être expliquée par le fait que la précipitation de fin de semaine était mesurée seulement le lundi à la station du lac de l'Achigan; l'évaporation pouvait alors entraîner une certaine marge d'erreur.

La direction des vents au lac de l'Achigan est à dominance sud-ouest et leur vitesse moyenne est de cinq milles à l'heure. Ces données sont des estimés car il n'y avait pas d'anémomètre à la station provisoire.

1.2.6 Hydrologie (C.Q.E-3-Fig. 4)

A) Rivière Pashbay

La rivière Pashbay est le plus important tributaire du lac de l'Achigan et elle s'étend sur une distance de 8.8 milles. Elle a une dénivellation de 570 pieds, entraînant une rupture de pente moyenne de 71 pieds au mille (c.f. C.Q.E-3 - Fig. 5). Cette dénivellation est très forte pour un cours d'eau de cette dimension. Cependant, on peut dire qu'il draine environ 80 pour cent du bassin versant du lac.

L'écoulement en provenance du haut du bassin est régularisé par les lacs Beaudry et Lafond. La partie en aval du barrage du lac Beaudry possède une forte pente car la dénivellation y est de 320 pieds sur une distance d'environ quatre milles. Cette partie de la rivière est un segment très rapide qui traverse une zone de sable et de gravier fin. Il se produit beaucoup d'érosion à cet endroit et il y a un transport important de sédiments qui en découle; ceci explique très bien le delta formé par la rivière à son arrivée dans le lac.

B) Fluctuation du niveau d'eau

Le niveau d'eau du lac varie de façon appréciable et un écart maximal de 4.6 pieds a été observé au cours de l'année 1970. Une courbe de tarage reliant le niveau du lac a été établie par le service de l'Hydrométrie du ministère des Richesses naturelles. L'enregistrement du niveau d'eau sur le lac permet de constater que les plus forts débits à la sortie du lac se produisent en avril et en mai, soit pendant la période de la fonte des neiges. On peut aussi mentionner que le niveau du lac baisse de façon très lente au cours de l'année et qu'il atteint un minimum vers les mois d'août et de septembre.

Nous n'avions malheureusement pas d'échelle limnimétrique durant la période d'étude, mais d'après les dires de certains propriétaires, le niveau s'est maintenu à environ deux pieds au-dessus de la moyenne des dernières années. Ceci peut s'expliquer par les fortes précipitations que nous avons eues durant l'été 1972.

1.2.7 Classification du rivage (C.Q.E-3 Car. 1)

La classification du rivage dépend surtout de deux limitations physiques: la pente du terrain et la nature du sol.

D'après cette classification du rivage, effectuée au cours de l'été 1972, on constate que ce dernier est en majeure partie constitué d'un sable fin et d'une pente idéale (moins de deux pour cent). On y note toutefois deux sections à parois rocheuses où l'accessibilité est très difficile.

En général, le rivage du lac offre un éventail de sections à cotes différentes qui favorisent de nombreuses activités récréatives.

Ainsi, selon la topographie et la nature du sol, on peut diviser le lac en trois zones bien distinctes:

1) une section à pente faible offrant une vaste plage de sable;

2) une section à pente moyenne et à dépôts morainiques;

3) une section à pente très forte, à parois rocheuses ou à affleurements rocheux.

1.3 PRÉSENTATION DU MILIEU HUMAIN

La plus grande partie du bassin de drainage est boisée. En effet, 89.4 pour cent de la superficie du bassin est actuellement en forêt. On constate aussi que les terres utilisées à des fins de loisir autour du lac de l'Achigan et des autres lacs, occupent environ 7.7 pour cent de la superficie

1.3.1 Utilisation du sol (C.Q.E-3-Car. 5)

totale du bassin. Il s'agit en fin de compte d'une région touristique et récréative (Inventaire des terres, A.R.D.A).

D'ailleurs, d'après l'inventaire de l'équipement récréatif (A.R.D.A) de la région, on compte de nombreux camps de vacances, un terrain de pique-nique et une station de ski; cependant, la grande partie de la zone à fin de loisir est occupée par des chalets.

Les différentes utilisations du sol (en pourcentage) sont facilement visibles sur le tableau qui suit:

TABLEAU 4 - SUPERFICIE ET POURCENTAGE DES DIVERSES UTILISATIONS DU SOL

UTILISATIONS	Superficie (milles carrés)	Pourcentage
Superficie du bassin de drainage	37.60	100.00
Terres couvertes d'arbres	33.64	89.40
Terres utilisées à des fins de loisir	2.90	7.70
Marais, marécages et tourbières inexploitées	.42	1.20
Terres en friche	.28	.70
Agglomération urbaine	.21	.50
Pâturages semi-naturels, peu ou non exploités	.07	.20
Terres cultivées	.04	.18
Terres pour l'extraction de matière première	.30	.09
Roc et autres surfaces nues	.01	.03

1.3.2 Analyse démographique (C.Q.E-3 Car. 6)

La population établie sur les rives du lac est entièrement comprise dans le territoire de la municipalité de Saint-Hippolyte. Une enquête effectuée auprès de cette municipalité durant la saison estivale de 1972 nous a permis de diviser cette population en quatre classes.

a) D'abord, les résidents permanents, au nombre de 800, sont pour la plupart regroupés autour de l'église à la pointe ouest du lac; 60 pour cent d'entre eux sont rentiers et les autres travaillent à Saint-Jérôme.

b) Ensuite, en 1972, on évaluait la population ayant un domicile secondaire à 1,700 habitants, répartis dans environ 600 chalets. Soixante pour cent de cette population est composée de professionnels dont la moyenne d'âge est de 50 ans

c) Il y a aussi un nombre minoritaire d'estivants qui vivent dans une tente ou dans une roulotte pendant tout l'été. On ne compte cependant que trois ou quatre emplacements de ce genre. Il n'y a pas de terrain de camping organisé comme tel.

d) Enfin, la population de passage est assez réduite également, exception faite des 1,200 écoliers des cinq camps de vacances qui séjournent durant des périodes de 15 jours et qui se remplacent continuellement.

Il s'agit donc d'un endroit touristique puisque la population de Saint-Hippolyte double durant la belle saison. La municipalité concernée s'est ainsi orientée vers une infrastructure touristique afin de desservir les estivants. On y compte sept restaurants, deux épiceries et cinq hôtels.

Dans l'ensemble du bassin, la densité de la population est relativement faible; par contre, sur les berges mêmes du lac la population est très dense, surtout dans la section nord où une plage de sable fin a sans aucun doute favorisé un tel développement. Les sections sud et sud-ouest du lac supportent également une population dense.

TABLEAU 5 - ANALYSE DÉMOGRAPHIQUE AU LAC DE L'ACHIGAN

	Domiciles permanents	Résidences secondaires	Tentes, roulottes tout l'été	Fin de semaine (de passage)
Nombre de personnes	865 100 familles	1,700	20	Camp de vacances 1,200 par 15 jours
Age moyen (années)	40	40 à 55	20 à 25	10 à 15-16
Occupations	Rentiers 60% Différentes professions	Professionnels (avocat, notaire, médecin, dentiste)	-	Ecoliers
Revenus	$5,000. par père de famille	$15,000. et plus	-	-
Proportion français/ anglais	80% français 20% anglais	80% français 20% anglais	100% français	3 camps anglais 2 camps français
Nombre de résidences	100	600 chalets	-	5 camps
Evaluation municipale	$5,000. à $7,000.chacun	$8,000. à $10,00. chacune	-	Pas taxable; ne rapporte rien à la municipalité
Evaluation totale	20.5 millions			-
Système pour élimination des eaux usées	Fosses septiques	Fosses septiques	-	Fosses septiques
Aqueduc municipal	4 aqueducs privés (88 abonnés)	Puits, ruisseaux, lacs	-	Puits, ruisseaux
Provenance de ces personnes	-	Montréal 77% St-Jérôme 20% ailleurs 3%	Montréal et ailleurs	Montréal 80% ailleurs 20%

En général, les rives du lac sont très occupées, sauf naturellement dans les sections à parois rocheuses. La topographie accidentée de certains endroits est donc un facteur limitatif d'occupation du territoire.

1.3.3 Analyse économique

De nos jours la principale activité économique de la région du lac de l'Achigan s'est orientée exclusivement vers la récréation et le tourisme. Cependant, il n'en fut pas toujours ainsi car, vers les années 1930, on trouvait un moulin à scie à proximité du lac sur la rive nord-ouest. De plus, on y pratiquait le flottage du bois.

A la suite de la nouvelle orientation économique des Laurentides du nord de Montréal, le tourisme est devenu, depuis 1972, le centre d'intérêt pour la municipalité de Saint-Hippolyte. D'ailleurs, le lac constitue à lui seul une véritable industrie touristique. En effet, si on prend en considération tous les investissements et toutes les dépenses reliés aux diverses utilisations du lac, on constate qu'il s'agit d'un véritable apport économique pour la municipalité.

1.3.4 Utilisation des bateaux à moteur

Actuellement, le lac sert à alimenter quelques chalets en eau potable. Outre cette utilisation relativement faible, la principale activité est sans contredit la pratique des différents sports nautiques.

Parmi ceux-ci, la circulation intense des bateaux à moteur peut être néfaste pour le lac. En effet, les moteurs hors-bord consomment un mélange d'essence et d'huile se situant dans les proportions de 40:1. Ce type de moteur possède un rendement de combustion peu élevé et les gaz d'échappement contiennent une bonne partie de mélange combustible non brûlé A cette déficience "normale" des moteurs à deux temps s'en ajoute une autre que l'on ne retrouve que dans les moteurs hors-bord: la condensation de ce mélange dans la chambre à combustion du moteur produit une accumulation de pétrole que l'on évacue avec les gaz d'échappement (Muratori, 1968).

C'est ainsi que de 10 à 40 pour cent du combustible est rejeté dans les eaux du lac. La pellicule d'huile qui se dépose en surface affecte l'oxygénation de l'eau et la reproduction de certaines espèces d'insectes ou de micro-organismes vivant à la surface de l'eau.

Les différents composants du pétrole contenus dans le mélange d'échappement (0.3 pour cent de plomb et 0.4 pour cent de phénol et autres) modifient l'équilibre des espèces et peuvent éventuellement le rompre irrémédiablement.

Lors d'une journée chaude de juillet, on a dénombré tous les bateaux à moteur amarrés ou non. Deux cent trente embarcations d'une puissance moyenne de 45 H.P. ont été comptées durant cette journée. Si on accepte une utilisation moyenne de 50 heures/année, une consommation de carburant de trois gallons/heure et un taux d'émission de 20 pour cent, on obtient environ 6,900 gallons de pétrole qui souillent le lac dans une seule saison.

CHAPITRE 2

ANALYSE BIOLOGIQUE

Dans l'analyse biologique, les sections algologie et macrofaune benthique ont été échantillonnées à une fréquence mensuelle, c'est-à-dire juin, juillet et août. Quant aux plantes aquatiques, le relevé des espèces et de leur distribution fut effectué uniquement au mois d'août.

Les stations d'échantillonnage pour ces paramètres ont été localisées à partir d'une matrice sur la carte du lac de l'Achigan. Le principe d'une matrice nous permet en effet de déterminer précisément chaque point du lac par des cellules codifiées de façon relativement simple (ex: cellule A1, cellule B3...etc). Cette méthode de division d'une étendue d'eau est très utile pour orienter les prélèvements et localiser certains problèmes particuliers, après analyse.

Voici d'ailleurs les principaux critères qui ont servi à l'élaboration de la matrice du lac de l'Achigan. Au début de l'été, la carte du lac fut quadrillée à une échelle cartographique de 1: 20,000. Ce quadrillage (matrice) avait une orientation nord-sud. Afin de standardiser la façon de tracer une matrice sur un lac, l'axe des "x" touche toujours le point le plus au sud du lac, tandis que l'axe des "y" touche toujours le point le plus à l'ouest. Au lac de l'Achigan, la matrice contenait 21 cellules pouvant être échantillonnées; chaque cellule avait une surface de 0.14 mille carré.

La matrice dont nous pouvons voir la représentation graphique sur la page qui suit, fut aussi appliquée dans l'orientation des prélèvements physico-chimiques.

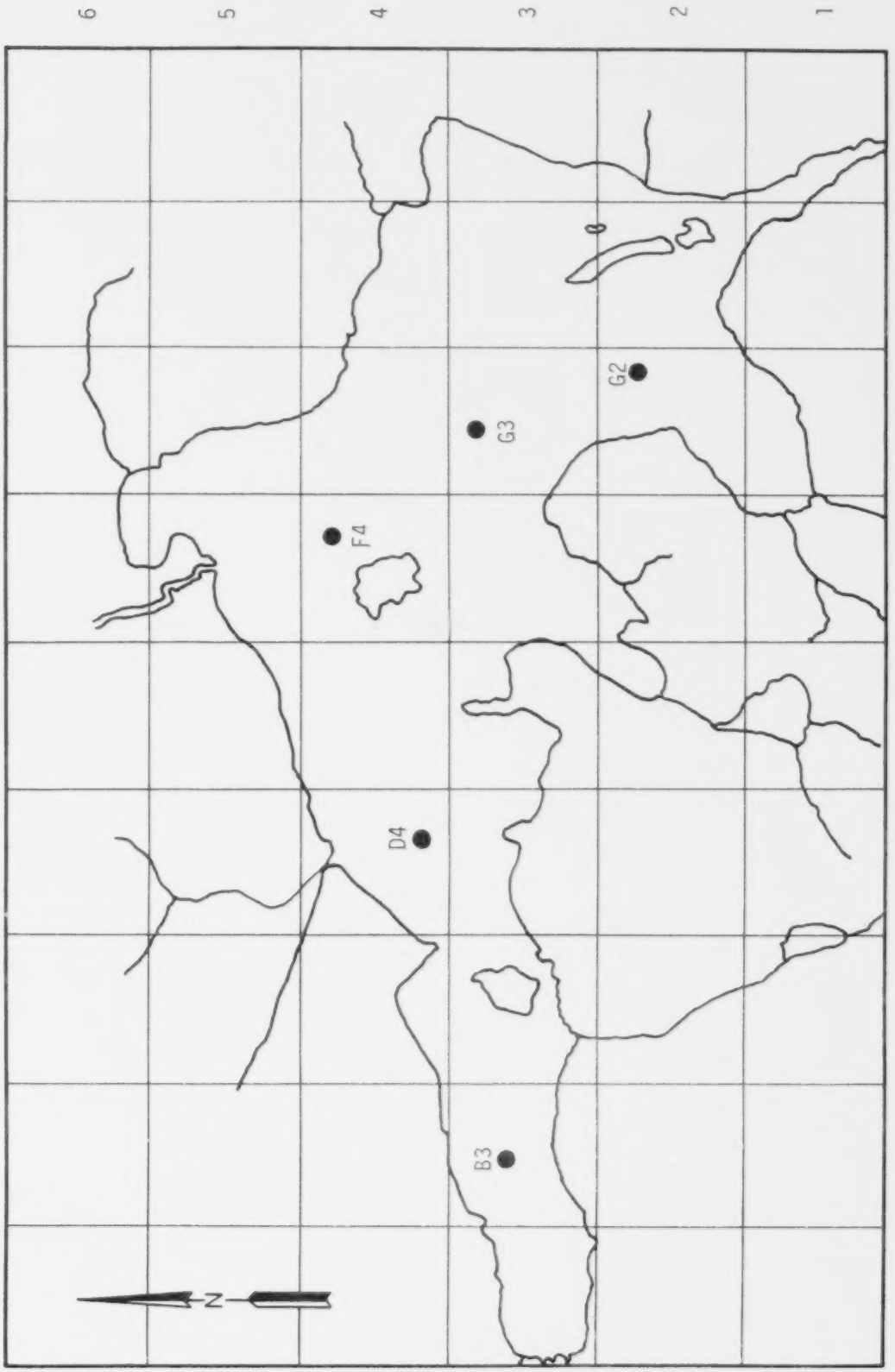


FIGURE 2 - MATRICE DU LAC DE L'ACHIGAN (● stations d'échantillonnage)

2.1 ALGOLOGIE (C.Q.E-3- Fig. 8, 9, 10)

Au mois de juin, toutes les cellules de la matrice du lac furent échantillonnées à l'aide d'une bouteille de type "Kemerer" (1.2 litre) et ce dans les trois strates, soit l'épilimnion, le métalimnion et l'hypolimnion. Ces relevés nous ont permis d'évaluer la distribution phytoplanctonique (algues) de la masse d'eau. Nous avons alors découvert que le phytoplancton se distribuait de façon uniforme (déviation de 0 à ± 5 de la moyenne) dans un rapport de 10/21 cellules pour l'épilimnion, de 11/21 cellules pour le métalimnion et 11/19 cellules pour l'hypolimnion. Cette quasi uniformité du phytoplancton doit beaucoup à la configuration du lac lui-même; en effet, les quelques baies de ce lac ne s'avancent que très peu à l'intérieur des terres et elles sont, de plus, très larges d'accès, ce qui permet une bonne communication entre l'eau des baies et la masse centrale du lac.

C'est alors à partir de cette étude de similarité des cellules matricielles que nous avons pu déterminer des cellules permanentes. L'évolution des classes d'algues au cours des mois de l'été nous a permis de caractériser le lac.

Si nous jetons un coup d'oeil sur la carte (C.Q.E-3 - Figure 7) relatant l'évolution des classes d'algues pendant les quatre mois de l'été (mai, juin, juillet et août), nous y voyons plusieurs courbes entrecoupées. Il en ressort que la courbe des Bacillariophycées (Diatomées: surtout les genres *Cyclotella* et *Tabellaria*) domine les autres pour la majeure partie de l'été. La courbe des Chrysophycées (dominées par *Dinobryon*) présente de faibles valeurs en mai, mais augmente régulièrement pour atteindre son sommet en juillet. Quant aux Myxophycées (algues bleues-vertes dominées par *Anabaena* et *Anacystis*), la courbe est très irrégulière et comporte deux pics dont un en juillet et l'autre en août.

De façon générale, si on se réfère aux auteurs dont les études portent sur des lacs soumis à des conditions climatiques semblables aux nôtres, certains de ceux-ci classent les types de lac d'après les espèces qu'ils y retrouvent. Par exemple, en Suède, Nauman (1931) dit avoir une formation oligotrophique si le lac comporte des associations d'algues comme: *Dinobryon - Mallomonas* et *Cyclotella - Tabellaria*.

Jarnefelt (1956), en Finlande, classe aussi un lac comme oligotrophe s'il y a abondance de *Cyclotella*. Plus près de nous, Rawson (1956), qui a travaillé sur les lacs de l'Alberta, classe les genres *Asterionella*, *Tabellaria* et *Melosira* (souvent associés à *Dinobryon*) comme genres caractéristiques des eaux oligotrophiques.

De fait, nous retrouvons de près ces genres (C.Q.E-3-Figure 8) dans le lac de l'Achigan et, d'après ces auteurs, nous pourrions le classer comme oligotrophe. Mais si nous revenons à la figure de la carte écologique, nous retrouvons deux pics de Myxophycées (algues bleues-vertes); à ce sujet Pearsall (1921, 1932) et Hutchinson (1967) sont d'accord pour dire que les algues bleues-vertes sont caractéristiques de lacs productifs. Ainsi, le fait d'avoir identifié ce type d'algues dans le lac lui confère un caractère d'oligotrophie avancée.

Le lac de l'Achigan est donc classé, en termes techniques, comme "oligotrophe β". Sa production primaire étant assez faible, il présente une bonne qualité d'eau et n'est pas encore sujet à des fléaux biologiques comme les fleurs d'eau (blooms) qui provoquent souvent des odeurs nauséabondes et affectent la valeur esthétique du lac.

Toutefois, il vaut mieux préciser que le lac de l'Achigan fut soumis, durant l'été 1972, à des conditions climatiques sortant de l'ordinaire; en effet, les nombreuses précipitations, la réduction de la luminosité et le niveau d'eau constamment élevé du lac ont joué un rôle important sur les paramètres biologiques. Une étude de ces paramètres pendant une saison d'été normale donnerait peut-être lieu à une interprétation légèrement différente.

2.2 MACROFAUNE BENTHIQUE (C.Q.E-3-Fig. 6, 7)

Dans le cycle de la chaîne alimentaire des lacs, on retrouve, au second niveau trophique, les consommateurs primaires dont les macro-invertébrés de fond. Cette macrofaune benthique est représentée à travers plusieurs familles démontrant une grande variété d'adaptations au mode de vie semi-sessile. L'eutrophisation d'un lac provoque des changements qualitatifs et quantitatifs sur les invertébrés de fond (Jonasson, 1969).

Vingt et un échantillons ont été prélevés aux différentes profondeurs du lac de l'Achigan. Les familles retrouvées varient en présence et en nombre, c'est pourquoi il est possible d'apercevoir des relations significatives entre les organismes et le milieu.

Sur la carte (c.f. schéma de la distribution des macro-invertébrés benthiques: C.Q.E-3- Figure 10) où les cercles représentent le pourcentage d'individus retrouvés dans chaque famille, on aperçoit d'abord une fluctuation dans la présence des familles ainsi que dans leur distribution en abondance selon les strates de profondeur.

Les larves de DIPTÈRES, des familles de Chironomidae et de Chaoborinae, sont les plus importantes et se distribuent en abondance sur toutes les strates de profondeur; une autre famille apparaît dans les zones peu profondes, celle des Heleidae. Ces familles sont les plus importantes quantitativement vu leur grand pouvoir d'adaptation aux conditions variables du milieu et leur capacité de tolérer de faibles teneurs en oxygène dissous.

Certaines familles sont représentées par quelques individus préférant des habitats peu profonds; par contre, certains autres deviennent plus fréquents et légèrement plus abondants en profondeur. C'est le cas pour certains organismes des classes de PÉLÉCYPODES et de GASTÉROPODES ainsi que certains de la famille des Gammaridae

Les ACARIENS de milieu aquatique sont distribués de façon assez égale dans les eaux du lac grâce à leur facilité de déplacement; toutefois, nous les retrouvons en plus grande quantité dans les endroits peu profonds.

Les OLIGOCHÈTES, connus pour habiter les substrats vaseux et les substrats de débris, sont représentés par la famille des Tubificidae, distribués assez également à toutes les profondeurs, et la famille des Naididae faisant partie de la macrofaune benthique du littoral. Ces familles peuvent facilement s'adapter et survivre dans des milieux à faible teneur en oxygène dissous.

Le groupe des insectes aquatiques est représenté par plusieurs ordres qui sont un bon indice biologique pour la qualité du milieu. Cinq familles représentent l'ordre des TRICHOPTÈRES distribués entre cinq et 12 pieds de profondeur à l'exception de la famille des Hydropsychidae que l'on retrouve à une profondeur de 35 pieds. Il est peu fréquent de retrouver les TRICHOPTÈRES à de telles profondeurs; par contre, cette famille habitait un sol dont le substrat présentait de nombreux copeaux de bois et de brindilles à l'intérieur desquels les individus construisent leurs demeures et peuvent y fixer leur oeufs. De façon générale, ces familles préfèrent les habitats typiques et peu profonds de la zone littorale. Par exemple, des individus appartenant aux familles des Molannidae et des Limnephilidae ont été retrouvés parmi les Bryophytes sur lesquels ils peuvent attacher leurs oeufs.

La famille des Psychomyiidae habitait un milieu fourni en plantes aquatiques (surtout du genre *Chara*), tandis que le genre *Agapetus* de la famille des Rhyacophilidae abondait à cinq pieds de profondeur dans un milieu végétal de *Callitriche*. Les nymphes vulnérables des EPHÉMÉROPTÈRES s'étaient installées à des profondeurs n'excédant pas 10 pieds et constituaient les proies de presque tous les prédateurs aquatiques. Elles étaient surtout attachées aux plantes ou marchaient et s'enfouissaient dans le substrat de fond ne tolérant que des conditions très spécifiques.

Les COLEOPTÈRES, dont la famille des Elmidae, ont été retrouvés à des endroits calmes et très peu profonds. Le milieu est toutefois constamment oxygéné par le mouvement des vagues. Toujours dans le groupe des insectes aquatiques, on y rencontre la famille des Sialidae (MEGALOPTÈRES), retrouvés à des endroits bien oxygénés, ainsi que plusieurs représentants des COLLEMBOLES aquatiques. Ces derniers ont été retrouvés jusqu'à une trentaine de pieds de profondeur. Cependant, ils sont plus importants où il y a accumulation de matière végétale et animale qu'ils décomposent.

De façon générale, le schéma de la carte (C.Q.E-3-Figure 6) démontre une plus grande diversité des familles composées de peu d'individus dans les strates peu profondes. Inversement, nous retrouvons en profondeur quelques familles représentées par un bon nombre d'individus. Le graphique de la répartition du nombre de familles et d'individus par strate de profondeur (C.Q.E-3-Figure 9) exprime clairement un pic du nombre de familles dans la zone littorale et un deuxième pic, en plus grande profondeur, pour ce qui est du nombre d'individus retrouvés.

En ce qui concerne la macrofaune benthique, on explique l'eutrophisation d'un lac lorsque la faune typique du littoral devient plus ressemblante à la faune de profondeur (Jonasson, 1969). Or, il ne semble pas que, par la distribution de la macrofaune de fond, on puisse qualifier le lac de l'Achigan d'eutrophe, puisque les familles de macro-invertébrés benthiques se distribuent en deux faunes typiquement adaptées aux profondeurs de la zone littoral et de la zone abyssale.

Ainsi, les critères de qualité, de quantité et de distribution en profondeur de ce paramètre biologique nous donnent un indice de conditions oligotrophes dans le lac de l'Achigan.

2.3 PLANTES AQUATIQUES (C.Q.E-3- Car.1)

La répartition des plantes aquatiques autour du lac de l'Achigan est très sporadique et dépend des caractéristiques écologiques de ses rives. De façon générale, la diversité de ces plantes et la faible distribution de chacune d'elles supposent un milieu biologiquement peu productif. On remarque cependant un développement plus important dans la section ouest du lac où s'est accumulée une épaisse couche de matière organique formant ainsi un substrat favorable à la prolifération de certaines plantes aquatiques.

Le *Potamogeton epihydrus* (Potamot émergé) est l'espèce dominante et occupe environ 40 pour cent de toute la superficie que couvrent les plantes submergées. A cause de leur capacité de développer plusieurs types de feuilles suivant la profondeur de l'eau (Marie Victorin, 1964), elles se sont surtout développées dans les baies du lac de l'Achigan ainsi qu'à l'embouchure de la rivière Pashbay.

On remarque que cette espèce de Potamot forme à la surface des eaux tranquilles de vastes tapis où les feuilles disposées en mosaïque serrée interceptent presque complètement la lumière et deviennent alors un abri recherché des poissons (Marie Victorin, 1964). De plus, les Potamots cachent souvent une multitude d'oeufs fixés aux tiges et servent de support à certaines larves d'insectes.

La distribution d'*Eriocaulon septangulare* est presque uniforme autour du lac, tandis que les espèces d'*Eleocharis* se présentent, soit en formations pures, soit en association avec les espèces *Equisetum fluviatile* et *Scirpus pedicellatus*. *Anacharis canadensis*, connue sous le nom d'Elodée du Canada, longe presque uniquement les rivages de la baie de l'ouest. Il en est de même pour les Rubaniers flottants (*Sparganium fluctuans*) et les Sagittaires latifoliés (*Sagittaria latifolia*).

Il serait nécessaire d'ajouter à la répartition de la macroflore du lac, l'état d'envahissement de la rivière Pashbay par la végétation aquatique. On observe en effet une densité prononcée de la végétation sur les rives de la rivière ainsi qu'un développement important d'espèces aquatiques à l'exemple des *Nuphar* et *Potamogeton* à plusieurs endroits. Cette rivière dénote un apport de fertilisants important, rendant ainsi son parcours propice à la croissance des macrophytes et amenant un accroissement progressif de la surface végétative à son embouchure.

CHAPITRE 3

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

3.1 STRATIFICATION

Aux trois stations permanentes réparties sur le lac de l'Achigan, la température et l'oxygène dissous furent les premiers paramètres à être enregistrés sur place.

3.1.1 Température (C.Q.E-3 - Fig. 13)

La distribution de la température au mois de mai était isothermique (même température du fond à la surface), due à une circulation dans la masse d'eau. Au cours des jours qui suivirent, l'eau se réchauffa graduellement en surface et se partagea en trois strates thermiques: l'épilimnion (couche de surface), le métalimnion (couche intermédiaire) et l'hypolimnion (couche de profondeur).

Ainsi, au mois d'août, l'épilimnion était de 17 pieds par rapport à 25 pieds sur certains lacs de la même région étudiés l'année précédente. A l'aide de la carte annexée à ce rapport (C.Q.E-3- Figure 13), l'étude de la température nous fait remarquer que le métalimnion est mal défini. Ces deux observations nous révèlent que l'accumulation de chaleur fut passablement faible au cours de l'été 1972.

Le 9 novembre suivant, une visite sur le lac nous permettait de constater l'isothermie d'automne. La température, devenue uniforme jusqu'en profondeur, variait à peine de sept-dixième de degré centigrade.

3.1.2 Oxygène dissous (C.Q.E-3-Fig. 12, 13)

En même temps que l'on enregistrait la température aux trois stations permanentes, on mesurait aussi l'oxygène dissous.

Nous avons remarqué au lac de l'Achigan que la baie située à l'ouest, près du village de Saint-Hippolyte, accuse un déficit (manque) en oxygène. Durant l'été, les données d'oxygène recueillies dans cette baie sont inférieures au taux de saturation. Il faudrait donc porter une attention particulière à cette baie puisqu'on sait que l'oxygène est un facteur important dans l'équilibre écologique d'un lac.

Toutefois, nous avons aussi calculé la quantité totale d'oxygène dans le lac et nous avons constaté que les couches

de l'épilimnion et du métalimnion étaient saturées d'oxygène à 95 pour cent et plus. Voici en bref la marche de ces calculs: connaissant le volume d'eau du lac en pieds cubes, de même que la quantité d'oxygène dissous en mg/litres, il était relativement facile, à l'aide d'une formule de conversion, d'évaluer le nombre de tonnes d'oxygène dans chaque couche thermique.

En se basant sur l'histogramme du "nombre de tonnes en oxygène" sur la carte écologique (C.Q.E-3- Figure 12), nous remarquons qu'au mois de mai il y avait 755 tonnes d'oxygène d'emmagasinées dans le lac. Entre les mois de mai et août, le nombre de tonnes d'O_2 contenues dans l'épilimnion et le métalimnion a varié quelque peu mais sans subir de baisse considérable. C'est dans l'hypolimnion qu'il y a eu la plus grande consommation d'oxygène au cours de l'été, dû principalement à des phénomènes de respiration et d'oxydo-réduction. En effet, on y note une consommation de 180 tonnes d'oxygène durant la saison estivale, soit environ 50 pour cent de la réserve d'oxygène contenue dans l'hypolimnion au mois de mai.

Outre ce déficit dans l'hypolimnion, le lac de l'Achigan est un lac bien oxygéné; ces conditions ne sont donc pas un facteur limitatif dans le développement de la vie aquatique.

Finalement, la cote de classification de ce paramètre situe le lac de l'Achigan plus près de la mésotrophie que de l'oligotrophie; en termes techniques, on le définit comme "oligotrophe β".

3.2 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Toujours aux trois stations permanentes du lac de l'Achigan, des échantillons furent prélevés périodiquement pour fins d'analyses physico-chimiques. Les paramètres étudiés au cours de l'été furent les suivants: pH, alcalinité, conductivité (c.f. C.Q.E-3- Figure 11, pour ces trois paramètres), demande biochimique en oxygène, ainsi que les nitrates, les sulfates et les phosphates (C.Q.E-3- Tableau 2, pour ces quatre autres).

3.2.1 pH (C.Q.E-3- Fig. 11)

Les résultats de pH recueillis nous indiquent que l'eau du lac de l'Achigan est légèrement acide. Cette tendance à l'acidité est surtout due au fait que le lac est entouré d'un sol podzol à caractère acide.

3.2.2 Alcalinité (C.Q.E-3 - Fig. 11)

L'alcalinité du lac accuse une variation de 8 à 10 mg/l de carbonate de calcium ($CaCO_3$); nous pouvons dire que ce taux d'alcalinité est excessivement faible, ce qui confère au lac de l'Achigan un faible pouvoir tampon le rendant ainsi sensible à des variations de pH. D'après Nisbet et Verneaux (1970), ces valeurs sont obtenues dans des régions à substrats acides. Nos valeurs d'alcalinité sont donc en étroites relations avec l'étude pédologique de l'environnement du lac qui est, comme nous le savons, un podzol acide. De plus, avec de telles valeurs, Nisbet et Verneaux (1970) classifient ce genre de lac comme étant oligotrophe.

3.2.3 Conductivité (C.Q.E-3 - Fig. 13)

Durant toute la saison estivale, la conductivité est demeurée faible et peu variable. Des résultats allant de 40 à 50 µmhos/cm/cm^2 indiquent une faible minéralisation dans le lac. Ces valeurs, comparées à celles de Nisbet et Verneaux (1970) permettent de classifier le lac comme oligotrophe.

3.2.4 Demande biochimique en oxygène ($D.B.O_5$) (C.Q.E-3 - Tab.2)

Les résultats de $D.B.O_5$ qui furent calculés au mois de juin ne présentent aucune anomalie; le processus de décomposition et de minéralisation de la matière organique par les bactéries semble donc se dérouler normalement au lac de l'Achigan.

3.2.5 Fertilisants (NO_3, PO_4) (C.Q.E-3 - Tab.2)

Dans le lac de l'Achigan, le taux des fertilisants fut en général assez faible tout au cours de l'été. En mai, nous avons noté une assez forte concentration de NO_3, soit 5 mg/l en moyenne; concentration cinq fois plus grande que pendant les autres mois de l'été. Ce haut taux de nitrates s'explique facilement par la période de circulation qui existe dans tous les lacs dimictiques au printemps. Resté sous le seuil critique par rapport au développement des algues en juin et juillet, le taux de nitrates revient toutefois légèrement au-dessus de celui-ci au mois d'août dans l'hypolimnion; le seuil critique étant de 1.3 mg/l., nous avons noté des concentrations de 1.5 mg/l. Toutefois, il n'y a pas lieu de s'alarmer puisque le décèlement de ces concentrations dans le lac fut très ponctuel.

3.3 ÉTAT PHYSICO-CHIMIQUE DES TRIBUTAIRES (C.Q.E-3 - Tab. 3)

Un lac est un réservoir s'alimentant par une série de cours d'eau appelés tributaires. En ruisselant des montagnes selon le bassin versant du lac, l'eau entraîne avec elle une certaine quantité de sels, de fertilisants ou autres matières en suspension susceptibles d'influencer l'état biologique et physico-chimique du lac. C'est pourquoi il est important d'étudier la qualité de l'eau de ses affluents.

Dans notre étude, nous avons noté 15 tributaires autour du lac, allant du plus petit jusqu'à la charge la plus importante, c'est-à-dire la rivière Pashbay. Au cours de l'été, deux tournées de prélèvements ont été effectuées sur chacun des tributaires: la première le 20 juin et l'autre le 8 août. On peut d'ailleurs observer, sur la carte annexée à ce rapport (C.Q.E-3 - Tab. 3), un tableau comparatif des données physico-chimiques des tributaires.

On peut par exemple remarquer que, de façon générale, le pH a diminué entre le mois de juin et le mois d'août. Ceci s'explique par les nombreuses précipitations enregistrées au cours de l'été, celles-ci drainant un sol podzol à caractère acide.

En ce qui concerne les phosphates, nous considérons les teneurs décelées de 0.01 mg/l., et de 0.02 mg/l., comme faibles et caractéristiques de milieux peu productifs. L'analyse de ce fertilisant ne fut toutefois pas assez complète pour nous permettre d'en évaluer la disponibilité et d'en tirer des conclusions précises.

La conductivité (en µmhos/cm/cm^2) est demeurée faible sauf pour les tributaires numéros 7 et 8. Au tributaire numéro 7, il y a eu une baisse en août, tandis qu'au numéro 8, elle s'est accrue. C'est ce dernier qui retient le plus notre attention étant donné que même au mois de juin, certains autres paramètres comme les nitrates par exemple, étaient élevés.

La demande biochimique en oxygène fut calculée au mois de juin seulement. Les résultats nous révèlent une D.B.O.$_5$

assez élevée mais qui reste quand même dans la ligne des normes acceptables.

Quant à l'alcalinité, elle n'a eu que de faibles variations et est demeurée relativement peu élevée dans la plupart des tributaires. C'est toutefois au mois d'août que l'on note la plus forte augmentation d'alcalinité dans le tributaire numéro 8. Elle a en effet plus que doublé par rapport au mois de juin. Il est donc à noter qu'il existe un certain degré de minéralisation dans ce tributaire puisque la conductivité y est aussi élevée.

Finalement, la quantité de nitrates dans les tributaires du lac de l'Achigan dépasse à plusieurs reprises le seuil critique (1.3 mg/l). C'est toujours au tributaire numéro 8 qu'il y a le plus grand apport de fertilisants. Il n'est sûrement pas profitable au lac de l'Achigan d'être alimenté par des affluents contenant autant de fertilisants puisque ceux-ci ont la propriété d'accélérer le processus d'eutrophisation.

CONCLUSION

ET

REMERCIEMENTS

Les techniques de prélèvement et d'analyse des différents paramètres décrits dans la seconde partie de ce rapport sont disponibles à quiconque voudrait en prendre connaissance.

Il en est de même pour toutes les données recueillies lors de cet inventaire écologique. On peut se les procurer en faisant parvenir une demande à l'adresse suivante:

Ministère des Richesses naturelles,
Service Qualité des eaux,
Division Limnologie,
555 Boul. Henri IV,
Ste-Foy, Québec.

En outre, nous tenons à remercier les étudiants qui ont collaboré à cette étude durant l'été 1972, soit, monsieur Pierre Mathieu, monsieur Michel Lagacé, monsieur Ghyslain Patoine, ainsi que le maire de Saint-Hippolyte monsieur Lucien Wattier, qui nous a beaucoup aidés à sensibiliser la population du lac de l'Achigan aux études limnologiques.

LEXIQUE

ANÉMOMÈTRE: Instrument de mesure de la vitesse du vent ou d'observation à la fois de la direction et de la vitesse du vent.

BAROGRAPHE: Baromètre enregistreur, comprenant un dispositif d'enregistrement chronologique de la pression atmosphérique.

BENTHIQUES: Se dit de ce qui a trait à l'ensemble des êtres, animaux et végétaux vivant sur le fond de la mer ou des eaux douces.

CAPACITÉ D'EMMAGASINEMENT: Volume d'eau que contient un lac.

COURBE DE TARAGE: Courbe établissant la relation qui existe entre le niveau et le débit d'un cours d'eau dans un secteur donné.

DENSITÉ DE DRAINAGE: Caractéristique d'un bassin de drainage qui exprime la longueur des canaux d'écoulement par unité de surface.

DIMICTIQUE: Se dit des lacs à deux périodes de stratification thermique, une directe en saison chaude et une inverse en saison froide. Les lacs dimictiques ont deux périodes de circulation entre les périodes de stratification. Ce sont des lacs de type tempéré.

ÉPILIMNION: Partie supérieure d'un lac, au-dessus de la couche du saut thermique (métalimnion), dans laquelle la répartition des températures, décroissant avec la profondeur, n'est pas stable.

EUTROPHE: Stade d'évolution et de vieillissement qu'a atteint un lac ou un étang, qui le mènera irrémédiablement à son comblement, sa disparition, sa mort.

EUTROPHISATION: Vieillissement plus ou moins accéléré d'un lac ou d'un étang.

HYPOLIMNION: Partie inférieure d'un lac, au-dessous de la couche de saut thermique (métalimnion), à température toujours basse, qui ne varie dans le courant de l'année que dans des limites réduites (quelques degrés seulement).

INFRASTRUCTURE: Ensemble des installations (services, etc...) d'une municipalité qui comprennent des fondations.

KAME: Butte à sommet généralement plat qui s'est formée à l'air libre sur une marge de glace stagnante ou entre deux masses de glace.

MACROFAUNE: Ensemble des êtres macroscopiques composant la faune d'un secteur donné.

MÉTALIMNION: Zone intermédiaire dans un lac entre l'épilimnion et l'hypolimnion où la température s'abaisse rapidement et qu'on appelle aussi, pour cette raison, couche du saut thermique ou thermocline.

OLIGOTROPHIE: Etat d'un lac jeune dont la production biologique est faible à cause de la pauvreté en constituants nutritifs de sa masse d'eau.

PLANCTON: Ensemble des êtres microscopiques ou de petite taille en suspension dans la mer ou l'eau douce.

PODZOL: Grand groupe de sols caractéristique du Québec qui se développe surtout dans les zones assez bien égouttées, froides et humides.

POUVOIR TAMPON: Capacité que possède une solution de maintenir la constance du pH.

PRÉCAMBRIEN: Correspond à un âge géologique dans la formation rocheuse. Le bouclier canadien par exemple est un socle cristallin d'âge précambrien. Il se développe depuis environ 7 millions d'années.

RAPPORT PÉRIMÈTRE/ SURFACE: Caractéristique qui exprime la forme géométrique d'un lac.

B I B L I O G R A P H I E

A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.T., 1971. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Thirteenth Edition. 1015 Eighteenth Street, N.W. Washington, D.C. 20036. 874 pages.

ARDA, sept. 1969. Inventaire des terres du Canada. Les systèmes de classement des possibilités d'utilisation des sols. Publié par l'administration ARDA-Québec.

BARTSCH, A.F., 1969. Accelerated Eutrophication of Lakes Ecological. Department of Interior, Federal Water Pollution Control Administration, Pacific Northwest Water Laboratory, Corvallis, Oregon.

BARTSCH, A.F., 1970. Eutrophication: A Threat to Water Resources. Presented at the American Water Resources Association National Symposium on Hydrobiology, Miami Beach, Florida, June 24-27.

CHARLOT, G., 1967. Cours de chimie analytique général. Tome I, Solutions aqueuses et non aqueuses. Masson et Cie, éditeurs, 120 Boulevard Saint-Germain, Paris VI. 260 pages.

COOKE, D.G., and R.L. KENNEDY, 1970. Eutrophication of Northeastern Ohio Lakes. The Ohio Journal of Sciences, 70(3): 150. May 70.

COTE, P.E., 1960. Région de Chertsez. Rapport géologique no 93. Ministère des Richesses naturelles, Québec. 35 pages.

DEPARTMENT OF ENERGY, MINES AND RESOURCES, 1970. The Control of Eutrophication. Prepared by the Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario. Fisheries Research Board of Canada, Winnipeg and Inland Waters Branch, Ottawa. Technical Bulletin No. 26. Department of Energy, Mines and Resources, Canada.

DERRUAU, M., 1967. Précis de géomorphologie. Masson et Cie, 120 Boulevard Saint-Germain, Paris, VI. 415 pages.

DUSSART, B., 1966. Limnologie. Gauthier-Villars, Paris. 676 pages.

DUTKA, B.J., 1972. Technical and Practical Consideration in the Microbial Contamination of Water. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, Canada.

EDMONDSON, W.T., editor, 1966. Fresh-Water Biology. John Wiley & Sons Inc., New York. 1248 pages.

FASSETT, C., 1966. A Manual of Aquatic Plants. The University of Wisconsin Press, Wisconsin. 405 pages.

FRERE MARIE VICTORIN, 1964. Flore Laurentienne. Les Presses de l'université de Montréal, Montréal. 925 pages.

FREY, D.G., editor, 1966. Limnology in North America. The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.

GAUTHIER, J.P., ALAIN, J. et R. LEVESQUE, 1971. Etudes limnologiques des lacs Des Sables, Manitou, Montagne Noire, St-Joseph, Ste-Marie. Ministère des Richesses naturelles. Québec. 144 pages.

GREAT LAKES FISHERY COMMISSION, 1964. Limnological Survey of Lake Ontario. Great Lake Fishery Commission, 1451 Green Road, An Arbor, Michigan.

HASLER, A.D., 1947. Eutrophication of Lakes by Domestic Drainage. Ecology, 28, 283.

HUTCHINSON, G.E., 1957. A Treatise on Limnology. Volume I. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1015 pages.

HUTCHINSON, G.E., 1967. A Treatise on Limnology. Volume 2. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1115 pages.

HYNES, H.B.N., 1966. The Biology of Polluted Waters. Liverpool University Press, 123 Grove Street, Liverpool 7. 202 pages.

JARNEFELT, 1956. Voir "Hutchinson, G.E., 1967. A Treatise on Limnology. Volume 2.

JONASSON, 1969. Voir "National Academy of Sciences, 1969, Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives."

LAJOIE, P.G., 1960. Les sols des comtés d'Argenteuil, Deux-Montagnes et Terrebonne. Ministère de l'Agriculture du Canada en collaboration avec le ministère de l'Agriculture du Québec et le collège MacDonald, université McGill, Québec. 148 pages.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE, 1971. Bureau de la Statistique du Québec. Québec.

ST-MARTIN, Henri, 1967. Relations entre les facteurs d'ordre géologique et les caractéristiques de l'écoulement. Ministère des Richesses naturelles. Québec. 51 pages.

MINISTÈRE DE LA SANTE NATIONALE ET DU BIEN-ETRE SOCIAL, 1969. Normes et objectifs de l'eau potable au Canada. Canada. 42 pages.

MURATORI, Alex Jr., 1968. How Out Boards Contribute to Water Pollution. The Conservationist, (Juin, Juillet), 6-8, 31.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1969. Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives. 2102 Constitution Avenue, Washington, D.C. 20418. 661 pages.

NAUMAN, 1931. Voir "Hutchinson, G.E., 1967. A Treatise on Limnology. Volume 2."

NISBET, M. et J. VERNEAUX, 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Annales de Limnologie, tome 6, fascicule 2, pages 161-190.

NORMANT, H., 1963. Chimie organique. Masson et Cie, éditeurs, 120 Boulevard Saint-Germain, Paris VI. 453 pages.

OSBORNE, F.F. et T.H. CLARK, 1960. Région de New Glasgow - St-Lin. Rapport géologique no 91. Ministère des Richesses naturelles, Québec. 49 pages.

OZENDA, P., 1964. Biogéographie végétale. Doin et Cie, 8 Place de l'odéon, Paris VI. 374 pages.

PALMER, M.C., 1962. Algae in Water Supplies. U.S. Department of Health, Education and Welfare Public Health Service, Washington 25, D.C. 88 pages.

PEARSALL, 1921, 1932. Voir "Hutchinson, G.E., 1967. A Treatise on Limnology. Volume 2."

PENNAK, R.W., Ph. D., 1953. Fresh-Water Invertebrates of the United States. The Ronald Press Company, New York. 769 pages.

PERRIER, R., 1965. Hauteur, fréquence, durée des précipitations dans la région de Québec. Ministère des Richesses naturelles, Québec. 38 pages.

PRESCOTT, G.W., 1970. The Freshwater Algae: How to Know. WMC Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 348 pages.

RAYMOND, R., 1963. Notions élémentaires de pédologie. Service de l'Information et des Recherches, ministère de l'Agriculture et de la Colonisation, Québec. 15 pages.

RAWSON, 1956. Voir "Hutchinson, G.E., 1967. A Treatise on Limnology. Volume 2."

RAWSON, D.S., 1955. Morphometry as a Dominant Factor in the Productivity of Lakes. Proc. Internat. Assoc. of Theoritical Applied Limnology. Vol. 12.

RODIER, J., 1966. L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau. Dunod, Paris. 412 pages.

SAWYER, C.N., 1965. Basic Concepts of Eutrophication. Presented at the 38th Annual Conference of Water Pollution Federation in Atlantic City, N.J., Oct. 10-14, 1965.

SCOTT, A., 1968. Les sols: nature, propriétés, améliorations, Librairie Beauchemin Limitée, Montréal. 372 pages.

SMITH, G.M., 1950. The Fresh-Water Algae of the United States. McGraw-Hill Book Company, Toronto. 719 pages.

STRAHLER, A.N., 1962. Physical Geography. John Wiley & Sons, Inc., New York. 534 pages.

STRICKLAND, J.D.H. and T.R. PARSONS, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada. Bulletin 167. 310 pages.

TENNESSEE VALLEY AUTHORITY, 1970. TVA Activities Related to Study and Control of Eutrophication in the Tennessee Valley. Div. of Environ. Research Develop. TVA, Chattanooga, Tennessee 37401.

USINGER, R.L., editor, 1968. Aquatic Insects of California. University of California Press, Los Angeles. 508 pages.

VILLENEUVE, G.O., 1967. Sommaire climatique du Québec. Ministère des Richesses naturelles, Québec. 168 pages.

WELCH, P.S., Ph.D., 1952. Limnology. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. 538 pages.

L'ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC
PRIX: $1.00